



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06190520 A**(43) Date of publication of application: **12.07.94**

(51) Int. Cl. **B22D 11/10**  
**B22D 11/10**  
**B22D 11/04**

(21) Application number: **05239721**(22) Date of filing: **27.09.93**(30) Priority: **16.10.92 JP 04278370**(71) Applicant: **KAWASAKI STEEL CORP.**

(72) Inventor: **IDOKAWA SATOSHI**  
**BESSHO NAGAYASU**  
**TANMACHI KENICHI**

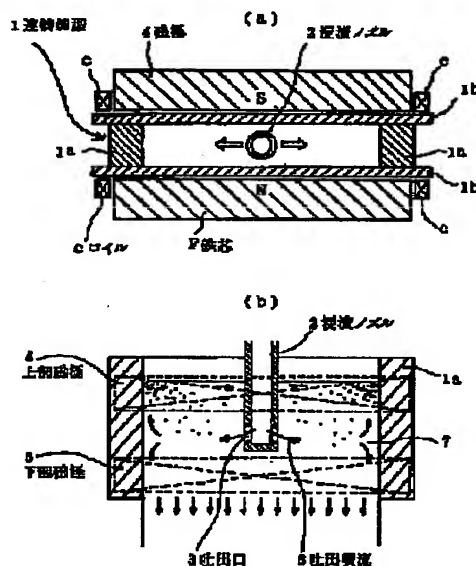
**(54) METHOD FOR CONTINUOUSLY CASTING STEEL USING MAGNETIC FIELD****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To reduce the product defect caused by the inclusion of mold powder, bubbles, etc., and to produce a cast slab having excellent quality, in continuous casting of a low C-Al killed steel, etc.

**CONSTITUTION:** Magnetic field is generated with magnetic poles 4 arranged on the back surface of the faced side walls in a mold 1 for continuous casting and the fluidity of molten steel supplied into the mold 1 from an immersion nozzle 2 is controlled by the magnetic field to continuously cast the steel. For this purpose, the magnetic field is composed of an upper magnetic field generated over the whole zone in the width direction of the mold 1 for continuous casting at the upper part of the discharging hole 3 in the immersion nozzle 2 and a lower magnetic field generated over the whole zone in the width direction of the mold 1 for continuous casting at the lower part of the discharging hole 3 in the immersion nozzle 2. For the upper magnetic field, static magnetic field and high frequency magnetic field are used while being overlapped mutually and the other hand, for the lower magnetic field, the static magnetic field is used and further, the directions of

the upper static magnetic field and the lower static magnetic field are made opposite each other.

COPYRIGHT: (C)1994, JPO&amp;Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-190520

(43) 公開日 平成6年(1994)7月12日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 2 D 11/10	3 5 0 B	7362-4E		
	U	7362-4E		
	L	7362-4E		
11/04	3 1 1 J	7362-4E		

審査請求 未請求 請求項の数2(全6頁)

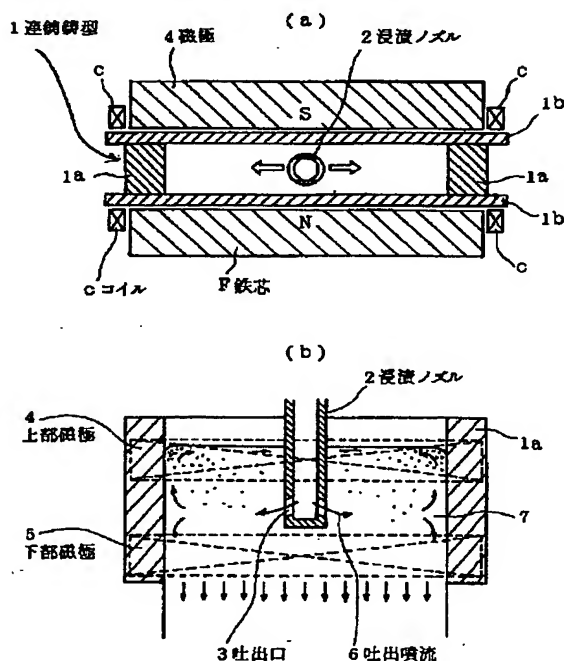
(21) 出願番号	特願平5-239721	(71) 出願人	000001258 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(22) 出願日	平成5年(1993)9月27日	(72) 発明者	井戸川 聡 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内
(31) 優先権主張番号	特願平4-278370	(72) 発明者	別所 永康 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内
(32) 優先日	平4(1992)10月16日	(72) 発明者	反町 健一 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 小川 順三 (外1名)

(54) 【発明の名称】 磁界を用いる鋼の連続 casting 方法

## (57) 【要約】

【目的】 低C-Alキルド鋼などの連続 casting において、モールドパウダーや気泡等の巻き込みによる製品欠陥を低減し、優れた品質の铸片を製造する。

【構成】 連続 casting 用铸型の対向側壁の背面に配設した磁極で磁界を発生させ、該磁界により浸漬ノズルから铸型内に供給される溶鋼の流動を制御して鋼を連続 casting するに当たり、上記磁界は、浸漬ノズルの吐出口の上において連続 casting 用铸型の幅方向全域に発生させた上部磁界と、浸漬ノズルの吐出口の下方において連続 casting 用铸型の幅方向全域に発生させた下部磁界とからなり、上部磁界には静磁界と高周波磁界を重畳して用いる一方、下部磁界には静磁界を用い、さらに上部静磁界と下部静磁界との向きを互いに逆向きとする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 連続铸造用鑄型の対向側壁の背面に配設した磁極で磁界を発生させ、該磁界により浸漬ノズルから鑄型内に供給される溶鋼の流動を制御して鋼の連続铸造を行うに当たり、

上記磁界を、浸漬ノズルの吐出口の上方において連続铸造用鑄型の幅方向全域に発生させる上部磁界と、浸漬ノズルの吐出口の下方において連続铸造用鑄型の幅方向全域に発生させる下部磁界との2段で構成し、かつその上部磁界には静磁界と高周波磁界を重畳して用いる一方、下部磁界には静磁界を用い、さらに上部静磁界と下部静磁界との向きを互いに逆向きとしたこと、を特徴とする磁界を用いる鋼の連続铸造方法。

【請求項2】 連続铸造用鑄型がNi-Cr-Fe系合金あるいはNi-Cr-Co系合金からなる、請求項1に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、磁界を用いる鋼の連続铸造方法に関し、特に低C-Alキルド鋼などの連続铸造において、モールドパウダーや気泡等の巻き込みによる、UI欠陥、プリスター、ふくれ、スリパー疵などの製品欠陥を低減し、優れた品質の鋳片を製造しようとするものである。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、上記の製品欠陥を防止するには、

- ①溶鋼の清浄化を強化すること、
  - ②浸漬ノズルの形状を改善して介在物やパウダーの巻き込みを防止すること、
  - ③湾曲型スラブ連続機において、垂直部を採用することにより、鑄型内での介在物および気泡の浮上を促進すること、
- などの手法がある。

【0003】 また、Iron and Steel Eng. May(1984)の第41～47頁や特開昭57-17356号公報では、スラブ連続機の鑄型に電磁石を配置し、浸漬ノズルから鑄型内への溶鋼吐出流に対して、それに垂直な方向の静磁界を印加することにより、溶鋼中に誘導される電流と静磁界との相互作用によって生ずるローレンツ力で溶鋼吐出流を制動し、このことによってモールドパウダーや気泡の巻き込みを防止して、溶鋼中に巻き込まれた介在物の浮上促進を図ることが提案され、さらにこの技術を発展させた方法として、特開平2-284750号公報に開示されているような方法も知られている。これらの静磁界を用いる方法は、铸造速度が大きくなるほどローレンツ力が強く働くために高速铸造による鋳片の品質向上に有効であり、優れた連続铸造方法である。

【0004】 一方、鋳片の表面性状は、鑄型内での初期凝固殻に強く影響されることが知られており、その対策

としては、例えば特開昭56-68565号公報では、鑄型内の溶湯面の直上に平型コイルを設置し、交流電流を通すことによって、溶湯表面を誘導加熱する方法を提案している。この方法によれば、铸造条件の制御とは別個にメニスカス部への入熱を制御することができ、溶湯表面を均一に加熱し得る点で有利な方法である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 さて、上記した静磁界を用いる方法は、特に高速铸造において効果が顕著であるが、操業上の制約から一時的に铸造速度を低減させなければならぬ場合、溶湯過熱度（鑄型に注入される溶湯温度と鋼の凝固温度との差）が十分でないと、低速の故にメニスカス部への熱供給が低下し、そして、このメニスカスの温度が低下すると表面品質の劣化を招くという問題があった。すなわち、従来の静磁界を印加する方法では、铸造速度が遅くなると、ローレンツ力による溶湯吐出流の制御効果は相対的に小さくなるとともに、磁界印加によってもたらされる溶湯の昇温効果も小さくなるため、表面品質の大幅な向上は期待できなかった。

【0006】 もちろんこのような問題に対しては、誘導加熱コイルによってメニスカス部の温度を制御することで解決が可能である。しかし、この方法では、コイルから発生する高周波磁界により、溶湯表面に電磁力が働くため、溶湯面に流動を生じさせることになる。しかも、この現象は熱供給を増加させるべく電力を増加させるような場合に却って顕著となり、溶湯面の一層の攪乱を引き起こして、パウダーの巻き込みを誘発するという問題に発展する。

【0007】 そこで、本発明は、溶湯表面に誘導加熱を施したときに生じる、湯面攪乱の問題を有利に解消し得る、連続铸造方法について提案することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、連続铸造用鑄型の対向側壁の背面に配設した磁極で磁界を発生させ、該磁界により浸漬ノズルから鑄型内に供給される溶鋼の流動を制御して鋼の連続铸造を行うに当たり、上記磁界を、浸漬ノズルの吐出口の上方のメニスカス部において連続铸造用鑄型の幅方向全域に発生させる上部磁界と、浸漬ノズルの吐出口の下方において連続铸造用鑄型の幅方向全域に発生させる下部磁界との2段で構成し、かつその上部磁界には静磁界と高周波磁界を重畳して用いる一方、下部磁界には静磁界を用い、さらに上部静磁界と下部静磁界との向きを互いに逆向きとしたことを特徴とする磁界を用いる鋼の連続铸造方法である。なお、上記連続铸造用鑄型には、Ni-Cr-Fe系合金あるいはNi-Cr-Co系合金が有利に適合する。

【0009】 さて、図1に本発明方法に用いる設備の一例を示す。図1において、符号1は1対の短辺壁1aおよび長辺壁1bからなる連続铸造用鑄型、2は鑄型1内に溶鋼を供給する浸漬ノズル、3は浸漬ノズル2の吐出口、

3

4はコイルCおよび鉄芯Fからなる磁界発生用の上部磁極、同様に5は下部磁極である。これら上部磁極4および下部磁極5は、連続鋳造用鋳型1の幅方向の全域を覆う長さを有し、上部磁極4は浸漬ノズル2の吐出口3の上方の溶鋼の表層域において、また下部磁極5は吐出口3の下方の領域において、鋳型の全幅にわたって静磁界を発生させる。さらに、上部磁極4のコイルCには、溶鋼の表層域、特にメニスカス部に誘導加熱を施すために、直流電流に重畳して高周波電流を供給する。さらに別の実施態様の例を図2に示す。図2において、上部磁極4と下部磁極5はコの字型の鉄芯で連結され、解放磁極がなく、上部磁極周りと下部磁極周りにそれぞれソレノイドコイルが独立に配設されており、これらのソレノイドコイルには直流電流を独立に流すことができる。上記静磁界形成手段に加えて、上部磁極4の磁極先端部には、凹型の断面形状を有する樋状の溝が設けられており、その溝に沿って高周波電流用の被覆導線が配設されて高周波磁場コイルC'が形成される。

【0010】なお、図1および図2におけるコイルCは鋳型1の背面に配置するが、通常の連続鋳造用鋳型に用いる銅製鋳型では、上部磁極の高周波成分が吸収され、メニスカス近傍の溶鋼の誘導加熱効率が低下し溶鋼表面が加熱されなくなるのを防止するため、鋳型には、電気伝導度が低くかつ熱間強度の高い材質、例えばNi-Cr-Fe合金であるInconel718やNi-Cr-Co系合金であるRENE41、UDINET700、Waspaloyなどを用いることが好ましい。それは、このような鋳型構成とすることによって、上部磁界の高周波成分の吸収が抑制でき、メニスカス近傍の溶鋼を一層効果的に誘導加熱することができるようになるからである。

【0011】上述したように、本発明法によれば、溶鋼の表層域、特にメニスカス部を従来のような大きな湯面変動を生じることなく誘導加熱することができ、また浸漬ノズルの吐出口より下流側の溶鋼流を抑制することもできるので、モールドパウダーや気泡等の巻き込みによる、UT欠陥、プリスター、ふくれ、スリパー疵などの欠陥を低減することが可能となる。

【0012】

【作用】本発明においては、まず上部磁極で発生させた上部磁界によって、鋳型の背面から溶鋼を誘導加熱するとともに、それによって生じる湯面の攪乱を、直流磁界成分で同時に抑制する。

【0013】また、下部磁極の発生する静磁界によって、浸漬ノズル吐出口から鋳型内に侵入する気泡や介在物の浮上分離を促進する。

【0014】さらに、各磁極によって発生させる上部磁界と下部磁界との静磁界成分の向きを互いに逆向きにし、両磁界の境界では静磁界成分がゼロとなるようにする。そして、この境界付近に浸漬ノズルの吐出口を配置

4

することによって、図1(b)に示すように、吐出噴流6を、水平方向(鋳型幅方向)に延びた、静磁界成分がゼロの領域を中心に流しながら、徐々に減速、分散させる。ここで、吐出噴流6は、短辺壁1aに衝突し、メニスカス部側と鋳型深部側の両方向の分岐流7となる。これらの分岐流7は、鋳型全幅にわたる静磁界成分の印加域に入り、ここで制動されて、メニスカス部の溶鋼流速および鋳型深部への下降流速はともに減速されることになる。その結果、鋳型上部ではモールドパウダーの巻き込みが、一方、鋳型下部では介在物および気泡の侵入が、それぞれ回避され、鋳片の表面品質ならびに内部品質が改善されるのである。

【0015】ここで、一般に、ソレノイドで発生する静磁場の磁極間で生起する磁束 $\phi$ (Wb)は起磁力をF、(AT)、磁芯の磁気抵抗を $R_m$ 、(AT/Wb)、空気中の磁気抵抗を $R_a$ 、(AT/Wb)として、

$$\phi = F_m / (R_{m1} + R_{m2})$$

$$R_{m1} = l / \mu S$$

$$F_m = NI$$

ただし、 $l$  : 磁芯の長さ(m)、 $S$  : 磁芯の断面積( $m^2$ )、 $\mu$  : 磁芯の透磁率(H/m)、 $N$  : コイルの巻数(一)および $I$  : コイル電流(A)と表される。それゆえ、静磁界発生器として、両端に空気中に解放された磁極を持たない、コの字型の磁芯を上部磁界および下部磁界の磁芯として共通に用いることは、エネルギー効率向上の観点から、また鋳型に垂直に印加される磁力線を乱さないという観点から好ましい。

【0016】また、上部静磁界と下部静磁界との向きを互いに逆向きにする理由は、鋳型の長辺壁近傍において、上部から下部に連結される磁束成分により、長辺壁に鉛直に衝突する方向の溶鋼流を制動し、初期凝固シェルへの気泡、介在物の混入の低減する作用をもつからである。

【0017】

【実施例】転炉にて吹錬した極低碳素Alキルド鋼(C: 0.002 wt%)をタンディッシュ(溶鋼温度: 1565℃)から、表1に示すような各種のNi-Cr-Fe系合金あるいはNi-Cr-Co系合金からなる鋳型に供給して、鋳造速度: 1.0m/minにて幅: 1200mmおよび厚さ: 230 mmのスラブを連続鋳造するに際し、図2に示した設備を用いて、鋳型内に上部および下部磁界を、それぞれ図3に示すところに従って印加した。また、比較として、Ni-Cr-Fe合金製鋳型を用いて、磁界を印加しない場合(比較例1)、鋳型内上下部に静磁界を印加する場合(比較例2)および鋳型内上部に誘導加熱を施す場合(比較例3)についても、同様の連続鋳造を行った。各実施条件は、表2に示す通りである。

【0018】

【表1】

鋳 型	従来鋳型	M1	M2	M3	M4
名 称	Cu (CCM-A)	Inconel718	RENE41	UDIMET700	Waspaloy
成分 (wt %)	Ni	52	55.3	53.4	58.3
	Cu	≥98.0	—	—	—
	Cr	0.5 ~1.5	19	15	19.5
	Co	—	11	18.5	13.5
	Mo	3	10	5.2	4.3
	Fe	19	—	—	—
	C	< 0.1	0.09	0.08	0.08
	Mn	< 0.5	—	—	—
	Si	< 0.75	—	—	—
	Al	0.5	1.5	4.3	1.3
	Ti	0.9	3.1	3.5	3.0
	Nb+Ta	5.1	—	—	—
	B	—	0.005	0.03	0.006
	Zr	0.08~0.30	—	—	0.06
電気 伝導度	$\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$	$6 \times 10^7$	$9 \times 10^5$	$8 \times 10^5$	$8 \times 10^5$

【0019】

\* \* 【表2】

	鋳型材	上極静磁界成分	上極高周波成分	下極静磁界成分
比較例1	M1	—	—	—
比較例2	M1	3000 ガウス	—	3000 ガウス
比較例3	M1	—	5 KHz, 600 ガウス	—
発明例1	M1	3000 ガウス	5 KHz, 600 ガウス	3000 ガウス
発明例2	M2	3000 ガウス	5 KHz, 600 ガウス	3000 ガウス
発明例3	M3	3000 ガウス	5 KHz, 600 ガウス	3000 ガウス
発明例4	M4	3000 ガウス	5 KHz, 600 ガウス	3000 ガウス

表1に示されるように、本発明法の連続鋳造用鋳型材としてとくに好適である、Ni-Cr-Fe系合金あるいはNi-Cr-Co系合金は、電気伝導度が $8 \sim 9 \times 10^5 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ であり、従来の鋳型材に比べて2桁近くも低いことがわかる。

【0020】各連続鋳造における、メニスカス部溶鋼の温度上昇について測定した結果を、本発明例における上昇温度を1としたときの指数として、図4に示す。同図から、本発明例は誘導加熱を施した比較例3と大差のないことがわかる。

【0021】次に、このときの湯面変動量を比較例1の測定結果を1として、図5に示すように、比較例3では湯面変動量が増加しているのに対し、本発明例では湯面変動量が極めて低く抑えられている。

【0022】また、各連続鋳造によって得られた鋳片10本づつに、熱間圧延、次いで冷間圧延を施し、圧延後の鋼板表面に現れた、筋状の疵、いわゆるスリバー疵の個

数を計測した結果について、比較例1の測定結果を1として、図6に示す。同図から、比較例3は比較例1に比べて減少しているものの、本発明例ほどの減少は達成されないことがわかる。

【0023】さらに、上記の鋳片内部の介在物個数について調査した結果を、比較例1の測定結果を1として、図7に示す。同図から、本発明例では介在物個数も著しく減少していることがわかる。

【0024】加えて、上記各図から、電気伝導度が低くかつ熱間強度が高い材質を有する、Inconel718 (Ni-Cr-Fe合金) およびRENE41、UDIMET700、Waspaloy (Ni-Cr-Co系合金) は、いずれも同等の優れた鋳型材であることが示された。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、鋳型全幅にわたり、上部磁界では静磁界と高周波磁界とを重畳することによって、溶鋼表面を誘導加熱するととも

に、これによって生じる湯面の攪乱を抑えて、鋳片表面品質を改善することができ、また下部磁界の静磁界成分によって、溶鋼流を制動、分散して介在物や気泡の浮上分離を促進するため、鋳片内部品質を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明方法に用いる設備の模式図である。

【図2】本発明方法に用いる設備の別の態様を示す模式図である。

【図3】磁界強さの時間変化を示すグラフである。

【図4】溶鋼表面の温度上昇の測定結果を示すグラフである。

【図5】湯面変動量の測定結果を示すグラフである。

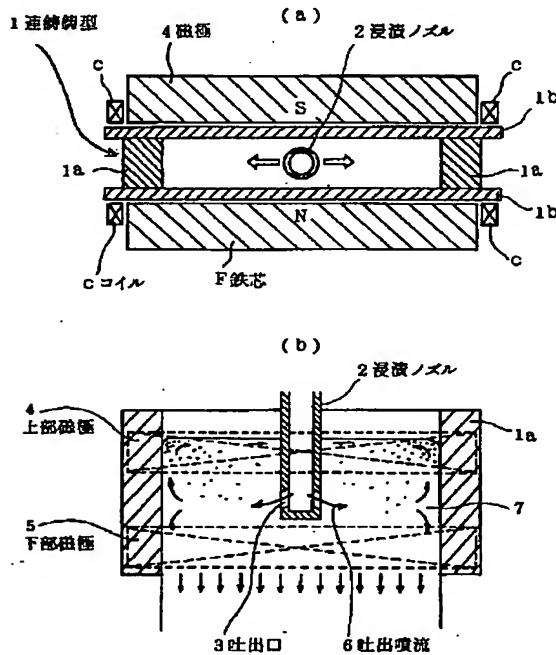
【図6】スリパー疵の発生数の測定結果を示すグラフである。

【図7】鋳片内部介在物個数の測定結果を示すグラフである。

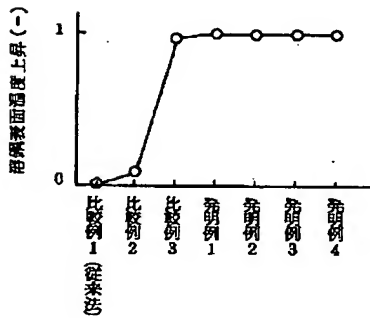
【符号の説明】

- |           |        |
|-----------|--------|
| 1 連続鋳造用鋳型 | 4 上部磁極 |
| 1a 短辺壁    | 5 下部磁極 |
| 1b 長辺壁    | 6 吐出噴流 |
| 2 浸漬ノズル   | 7 分岐流  |
| 3 吐出口     |        |

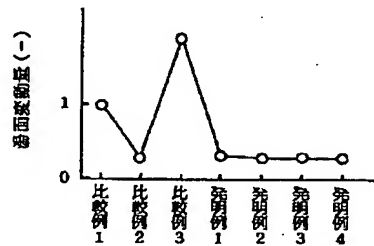
【図1】



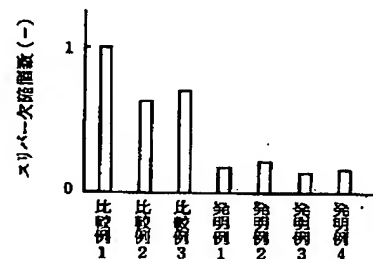
【図4】



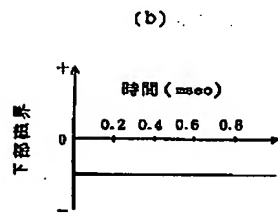
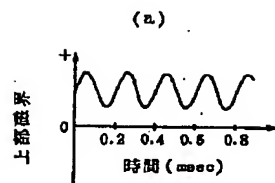
【図5】



【図6】



【図3】



【図7】

